



国際インターンシップ

理工学研究科 原子核工学専攻
 総合理工学研究科 創造エネルギー専攻
 齊藤 正樹

目次

国際インターンシップの概要
 国際原子力機関(IAEA)インターンシップ

IAEAインターンシップ参加報告
 原子核工学専攻博士後期課程3年 相楽 洋
 創造エネルギー専攻博士後期課程2年 神永 晋

1. 国際インターンシップの概要

(1) 目的・意義

原子核工学専攻および創造エネルギー専攻では、原子力およびエネルギー関連研究および産業は、地球規模のエネルギー・環境問題として、人類の持続的発展を目的に進めて行くべき重要課題であるとの認識のもとに、大学院教育の一環として、広い視野に立ち国際的に活躍できる資質を有する学生の教育を掲げている。そのような資質を育む一つの手段として、国際原子力機関(International Atomic Energy Agency: IAEA)をはじめとするエネルギー関連の国際機関、国際連合などの国際機関等にある程度まとまった期間、学生を派遣し、その業務の一端を担う経験をつむことは、机上の講義や演習、学内での実験や研究では得られないきわめて有意義な手段である。

(2) 内容

国際原子力機関(International Atomic Energy Agency: IAEA)をはじめとするエネルギー関連の国際機関、国際連合などの国際機関、あるいは、海外の主要な研究機関など、専攻会議で本プログラムに相当であると認定された国際的な機関等に滞在し、その業務を補助あるいは共同して行う。帰国後一ヶ月以内に、インターンシップ内容に関する報告書を専攻長に提出する。

(3) 期間

原子核工学専攻：1～6ヶ月
 創造エネルギー専攻：原則として1ヶ月程度以上

(4) 単位数・担当教官・学期

原子核工学専攻：2単位(0-2-0)/1ヶ月を目安として、最大8単位まで認定する。
 創造エネルギー専攻：単位(0-2-0)とする。
 担当教官は専攻長および指導教官とする。学年、前期・後期を問わない。主として博士後期課程の学生を対象とするが、修士課程の学生も可能である。

2. 国際原子力機関(IAEA)インターンシップ

(1) IAEAの概要

第2次世界大戦終結後、世界が原子力平和利用から得られる経済的利益に注目し始めたが、原子力平和利用の開発には、常にウランやプルトニウム等核燃料物質が軍事利用のために使用され得る。この核拡散問題に対処するため、1954年国連総会において、米国等が提案し採択された決議に基づき協議が開始され、1956年に召集されたIAEA憲章採択会議において憲章草案が採択され、1957年7月29日、憲章は所要の批准数を得て発効した。

IAEAの目的は、原子力平和利用の促進及び原子力活動が軍事転用されていないことを検証するための保障措置の実施である。(憲章第2条)

(2) IAEAインターンシップの概要

IAEAインターンシップの目的として「The purpose of an internship is to provide the holder with opportunity to perform work in line with his/her own career or to perform a task in line with his/her studies and interest which will, at the same time, be of benefit to the Agency's programmes. Internships are granted on a limited scale since the Agency's ability to provide such training is limited. The Agency may not incur any expenditure in such internships. An internship is not a means for subsequently obtaining an employment contact in the Agency. An intern must be at least 18 years old and should normally not be older than 32 years.」と謳われている。IAEAインターンシップの期間は、通常は1ヶ月以上1年以内である。

このIAEAインターンシップの精神に則り、平成15年1月5日から2月27日にかけて、原子核工学専攻及び創造エネルギー専攻の2名の博士課程の学生が、東京工業大学21世紀COE「世界の持続的発展を支える革新的原子力」事業の一環として、派遣された。以下、その派遣報告を紹介する。

IAEAインターンシップ参加報告

派遣期日：平成16年1月5日～2月27日

派遣者：原子核工学専攻博士後期課程3年 相楽 洋

派遣先：国際原子力機関(IAEA), ウィーン、オーストリア

国際原子力機関(IAEA)にて、COE-INES学生教育プログラムの一環である、国際インターンシップに参加した。IAEAは、アイゼンハワー大統領の国連総会演説、“Atoms For Peace”(1957)を受けて設立された、原子力の平和利用推進を行う国際機関である。ここで、自分の研究対象である「マイナーアクチナイド(MA)の核変換」や「核拡散抵抗性」に関連する実務を経験する事、そして、国際機関での仕事を通し国際経験を積む事を目的に持ちインターンシップに臨んだ。

配属されたのは、Nuclear Fuel and material section/Department of Energyで、課長のMr. Kosaku Fukuda, SupervisorのMr. Mehmet Ceyhanの指導の下、(1)IAEAのWEB上で公開予定の原子力燃料サイクルマスバランス計算コードVISTA上の、原子炉炉心燃焼計算コードCAINに超ウラン元素燃焼計算チェーンの整備を行う事、(2)ウラン酸化物燃料、ウラン-プルトニウム混合酸化物(MOX)燃料、U-Pu-MA酸化物燃料のPWR, BWR, FBR炉心における一群断面積を準備する事、(3)軽水炉燃料サイクル内のプルトニウムの核拡散抵抗性を高めるために、U-Puと共に、崩壊熱(567W/kg), 自発核分裂中性子発生率(2660n/g/sec)の高い ^{238}Pu の親物質であるMAもリサイクルを行うシナリオを導入し¹、MA, Puのマスバランス及び、燃料サイクル内のPuの核拡散抵抗性を議論する事、以上の3点を業務内容とし仕事を行った。(1), (2)が主にIAEA側から私に求められたものであり、(3)は私の大学での研究と絡めて自主的に行った。

結果として、(1)については、VISTAコードにおける超ウラン元素燃焼チェーンをBateman Equationに基づいて構築し、ORIGENコード及びSRACコードの燃焼計算とのベンチマークを行いながら整備した。(2)については、汎用原子炉中性子工学計算コードMCNP4C及びSRAC2003を用いてウラン酸化物燃料、MOX燃料、U-Pu-MA酸化物燃料のPWR, BWR, FBR内燃焼時の一群断面積を準備した。

また(3)については、通常の軽水炉燃料サイクルに加え、軽水炉の使用済み燃料からのウラン、プルトニウムと共にマイナーアクチナイドを回収、燃焼し、プルトニウムの核拡散抵抗性を高めるPu改質軽水炉¹を導入した(図1参照)。ケーススタディとして、日本の軽水炉燃料サイクルにPu改質軽水炉を導入した例を検討した。原子力燃料サイクルマスバランス計算コードVISTAで計算を行ったところ、全軽水炉出力(50GWe)の10%程度を2010年にPu改質軽水炉に置き換えた場合、2050年までに通常軽水炉から排出された余剰プルトニウムを全て ^{238}Pu 同位体割合が10%以上を含む核拡散抵抗性の強いプルトニウムに改質することができる事が確認できた(図2, 図3参照)。更に2050年以降に、改質されたプルトニウムをMOX燃料として多重リサイクルを行った場合、全軽水炉出力(50GWe)の10%程度を改質Pu-MOX軽水炉で置き換えれば、燃料サイクル全体のプルトニウム生成と消滅のバランスが取れた平衡状態に至り、この時のプルトニウムは核分裂性核種の少ない核拡散抵抗性高いものになっていることが確認された($^{238}\text{Pu}>10\%$, $^{240}\text{Pu}=30\%$, $^{242}\text{Pu}=30\%$)(図2, 図3参照)。

以上よりマスバランスの観点から、U-Pu-MAのリサイクルにより、将来の核燃料サイクルがより核拡散抵抗性の高い状態で行え、MAが「ごみ」ではなく「宝」として将来の原子力²に貢献できる可能性を示せた。

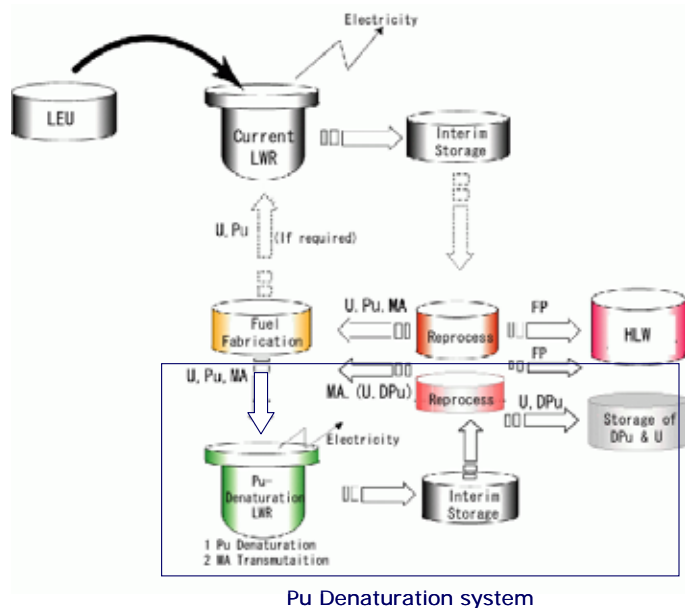


図1 プルトニウム改質軽水炉を導入した軽水炉燃料サイクルシステム

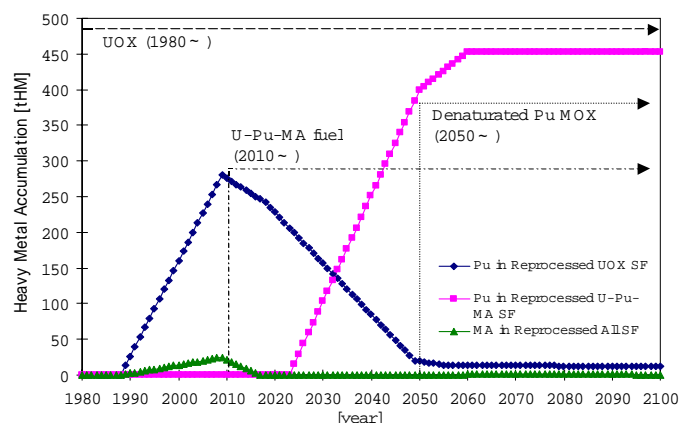


図2 燃料サイクルにおけるPuとMAの蓄積

- 1980～ 通常軽水炉(UO₂燃料)運転開始
全出力50GWe
- 2010～ Pu改質軽水炉(U-Pu-MA酸化物燃料)運転開始
出力5GWe
- 2050～ フルMOX軽水炉(改質Pu-MOX燃料)運転開始
出力5GWe

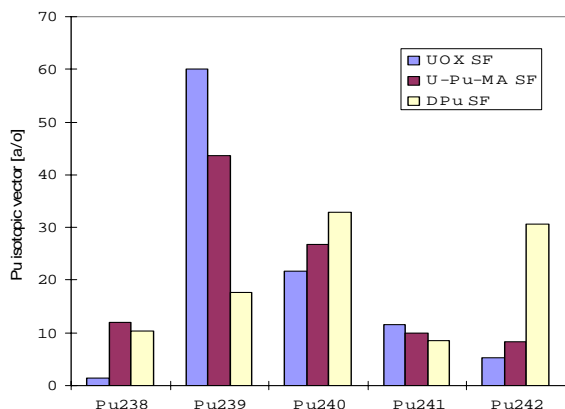


図3 異なる使用済み燃料中からのPu同位体割合

UOX SF: 初期燃料3.3%濃縮U, 33GWd/tHM燃焼度、5年間冷却

U-Pu-MA SF: 初期燃料(U0.865, Pu0.1, MA0.035)O₂, 60GWd/tHM燃焼度、8年間冷却

DPu MOX SF: 初期燃料(U0.9, Pu0.1)O₂, 60GWd/tHM燃焼度、10年間冷却

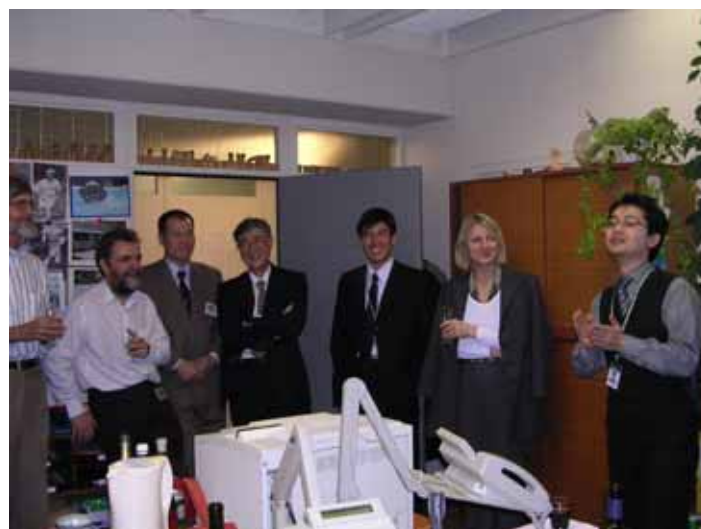


図4 部署でのFarewell Partyにて

最後に、就職先としてみた場合のIAEAについて。IAEAでの職員の仕事は、査察官か、世界各国からプロジェクトに必要な研究者・技術者を呼び寄せ自らはまとめ役に徹する、プロジェクトマネージャーがほとんどである。後者での仕事には幅広い人脈、コミュニケーション能力のみならず、しっかりとした技術的バックグラウンドが求められる。将来の就職先として考えた場合、まずは日本の研究機関やメーカーで実務を積み、その上で働くべき職種である事を感じた。実際に課長クラス以上のポジションには、15年以上の実務経験が要求されているが、JAERIやJNC、電力会社からの出向者の多い日本人職員の評価が特に高いのは、技術的バックグラウンドがしっかりしているからに他ならないと思う(図4)。

原子力平和利用推進には、日本はイニシアティブを取って絡んでいくべきだし、唯一の被爆国として核兵器の怖さを身をもって知っている日本にはその義務があると思っている。将来、原子力技術分野での国際貢献を行ってみたい私にとって、今回のインターン経験は今後のステップを具体的にイメージする上でとてもいい機会になった。このような素晴らしい機会を与えてくださった、COE-INESプログラムに感謝いたします。

*1: M. Saito et al, "Advanced Nuclear Energy Systems for Inherently Protected Plutonium Production", International Conference on Innovative Technology for Nuclear Fuel Cycle and Nuclear Power, Vienna, Austria, 2003

*2: 齊藤正樹, "原子力の平和利用と持続的繁栄に向けて 強い核拡散抵抗性を持つプルトニウムの実用化(PPP計画)", 月刊エネルギー5月号(日本工業新聞社), p32-34, 2004

派遣期日：平成16年1月5日～2月27日

派遣者：創造エネルギー専攻博士後期課程2年 神永 晋

派遣先：国際原子力機関(IAEA), ウィーン, オーストリア

21世紀COEプログラムの一環として国際原子力機関(IAEA)でインターンシップを体験してまいりました。IAEAは国連機関のひとつで、核兵器の拡散を防止し、原子力の平和利用を促進する機関です。本インターンシップを希望した理由は、大きな組織内での仕事を体験してみたいということと、多くの国の人が集まる国際機関で英語を使って仕事をしてみたいということでした。

滞在したのは、IAEAの本部が置かれているオーストリアの首都、ウィーンです。音楽の都として知られているウィーンは、その町自身が世界遺産として登録されており、威風堂々とした大聖堂や伝統的なバロック建築の博物館、宮殿などが市内に点在しています。(図：ウィーンの町並み参照) オーストリアは、スイスと並んで永世中立国としても良く知られており、そのイメージから、国連機関が誘致されたと言われています。

IAEAで配属されたのは原子力局内のエネルギー計画や経済的な評価を行うセクション(Planning and Economic Studies Section, Department of Nuclear Energy)でした。私のスーパーバイザーは原子力発電技術を専門としている方でしたが、私の専門が原子力ではないため、まず仕事内容を決めることがはじめの仕事でした。仕事内容は二つ決まり、ひとつは自分の希望で、現在進めているプロジェクトの一部を行うこととなりました。また、自分の研究背景を生かしてレポートを作成することが二つ目の仕事となりました。

参加したプロジェクトは、ヨーロッパの電力計画を作成することでした。ヨーロッパでは、欧州連合(EU)の加盟国が次第に増えてきており、今年5月には東ヨーロッパの国々もEUに加盟しました。東ヨーロッパでは多くの原子力発電所が稼働中ですが、その中にはEUの安全基準に満たない原子力発電所も多く、いずれ閉鎖することを要求されています。しかしながら、電力の消費量を急激に減らすことはできないので、代替りの発電所を建設する必要がありますが、それをすべて東ヨーロッパの国々に負担させることも困難です。このため、現在ある発電所の容量や今後の需要の見通し、国家間での電力の輸出入などを考慮してモデルを作成し、最も経済的な発電所の建設・運用計画を作成することでした。

はじめしばらくの間は地味な作業の毎日でした。ヨーロッパ全域の40カ国に存在する、または存在したおよそ2万基の発電機のデータ整理です。まず、これらの発電機を発電方式、燃料、発電容量などの分類方法を考え、建設年度順にまとめます。そして、各国の発電容量の変化を求めました。(図：ヨーロッパ全域の発電容量の推移参照) ここで作り出したデータから今後の発電容量の推移を予測します。最も難しかったのは、発電機の種類や環境によってまちまちである寿命をいかに見積もるかでした。

自分だけでは解決できない問題や疑問、決定事項などは随時上司と相談します。上司はベトナム人で、お互い英語が母国語ではないので、意味のとり違いがないように心がけました。相手の言ったことを自分の言葉で聞きなおし、完全に同じイメージを持つことができるように気をつけました。日本ではかえてこのようなことを怠っているのではないかと感じました。

研究背景を生かした仕事としては、私の専門であるMHD発電とIAEAが専門とする原子炉を組み合わせた新しい発電施設について考えることとしました。(図：MHD発電プラントの構成図参照) 具体的には、技術的・経済的・環境的な側面からこのプラントを評価し、アセスメントを作成することでした。まさかインターンで研究に関連したことが仕事になるとは思っていなかったもので、論文も教科書も手元になく、研究室の方々の協力を得て、何とか必要な資料を集めることができました。インターネットは偉大であります。

この仕事では、MHD発電機の性能だけでなく、環境負荷の評価やコスト計算など、研究室では注目することのなかった側面からの検討ができたのが大変勉強になりました。

一日の生活は、朝7時に起きて身だしなみを整えて出勤するところから始まります。地下鉄で一回乗り換えて、計20分ほど移動するともう駅が国連都市。朝ご飯はこの食堂で済ませて、8時半頃に自分の部屋へ。部屋は個室になっているので、なんだか偉くなった気分です。基本的にコンピュータに向かって仕事だったので、あまり部屋を出ることはありませんでしたが、調べ物があるときは図書室まで行きます。昼食の時間になると再び食堂へ。この食堂は結構美味しく、安く、バリエーションも量も十分があるので、とても満足でした。午後の仕事を終わらせて帰るのが5時から6時。IAEAで働く人は残業する人がほとんどなく、6時過ぎには閑散としています。帰り道に市場やスーパーマーケットに寄り、食材を買って帰宅。夕食を自炊してゆっくりと夜を楽しみます。仕事を終わるのが早いので、仕事帰りにオペラや映画に行ったりもしました。

私は三度の飯よりもスキーが好きなので、すぐにIAEAのスキー部に参加しました。スキー部では、金曜日の夕方から二泊三日でツアーを企画します。昼間はもちろん目一杯スキーを楽しみます。日本では滑ることのできないような深雪もたくさん滑り、大いに転んで大いに笑います。夜はホテルのバーで飲みながら談笑したりゲームをしたりとても楽しい時間を過ごすことができました。国際機関ですので、同じ国から来ている人のほうが少なく、年代もばらばらです。でも、みんなで同じ言葉を話し、同じ話題で盛り上がっていると、世界は意外と大きくないような気がしてきます。積極的に参加した甲斐あって、多くの人に「また遊びに帰って来い」と言って頂きました。スキーヤー冥利に尽きます。

今回のインターンシップで最も感じたことは、人と会うこと、話すことの大切さでした。専門の分野の人と知り合うことはもちろん重要ですが、まったく別の分野の人と知り合うことができれば、それだけ自分の世界が広がり、物事を多様に見ることができるようになります。そして、様々な形のコミュニケーションを駆使して一つのアイデアを共有することのすばらしさと大切さを学びました。今まで異文化と接するたびに自分が日本人であるということを痛感してきました。しかし今回の滞在で『国連』という特殊な国に住む人々と会って、地球人であるということを少し自覚することができました。これからも良い地球代表を目指して頑張っていきたいと思っています。



図1 ウィーンの町並み

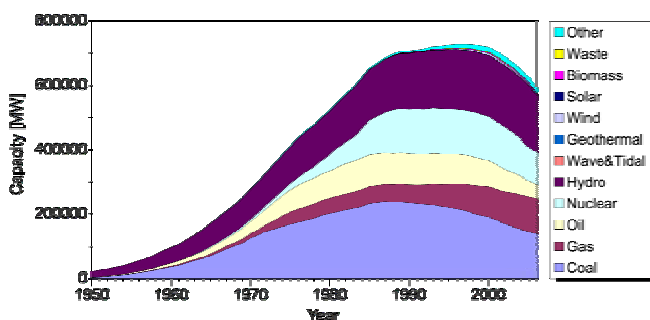


図2 ヨーロッパ全域の発電容量の推移

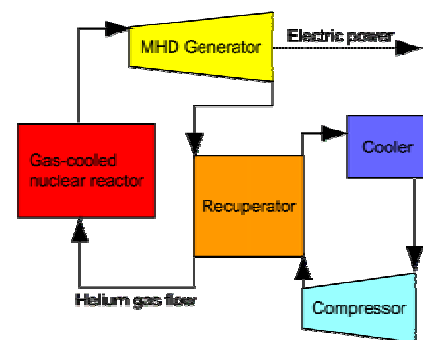


図3 MHD発電プラントの構成図



〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学 N1-12
 原子炉工学研究所内 COE-INES事務局
 TEL/FAX: 03-5734-3992 Email: coe-ines@nr.titech.ac.jp
 URL: <http://www.nr.titech.ac.jp/coe21/>